

С.И. БУХКАЛО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
С.Е. ГАРДЕР, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,
О.И. ОЛЬХОВСКАЯ, ассистент, НТУ «ХПИ»,
А.А. БОРХОВИЧ, студент, НТУ «ХПИ»,
О.И. ХИМИЧ, студентка, НТУ «ХПИ»,
К.И. СТАВРОВА, студентка, НТУ «ХПИ»,
О.Ю. ВАЛЕНОВА, студентка, НТУ «ХПИ»,
А.А. ТАРЕЛИН, студент, НТУ «ХПИ»

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА КОМПЛЕКСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ

В статті пропонуються методи оцінки ефективності утворення комплексних підприємств з використанням науково-обґрунтованих методів переробки відходів різного походження за допомогою сучасних методів обробки даних, здобутих у результаті проведення експерименту з утилізації полімерних відходів

В статье предлагаются методы оценки эффективности работы комплексных предприятий, использующих научно-обоснованные методы переработки отходов разного происхождения с помощью современных методов обработки экспериментальных данных по утилизации полимерных отходов

The method are proposed for estimation of processing efficiency of complex industrial sites that use scientific grounded up-to-date methods of different wastes treatment based on results of experimental investigations

Постановка проблемы. На кафедре «Интегрированных технологий, процессов и аппаратов» НТУ «ХПИ» с 2009 г. проводилось игровое курсовое проектирование по курсу «Математичне моделювання та застосування ЄОМ» с целью применения математического моделирования в технологиях ресурсо- и энергосбережения – утилизации полимерной тары и упаковки, бывшей в употреблении. При проведении игрового курсового проектирования были выявлены возможности расширения данной тематики и разработаны основные необходимые научно-обоснованные предпосылки и критерии создания комплексных инновационных предприятий по переработке отходов различного происхождения, которые

могут быть основой для разработки инновационных студенческих проектов разного уровня.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследования многих авторов [1, 2] показывают, что наращивание мировых темпов выпуска полимерных изделий происходит при практическом отсутствии украинского рынка производства полимерного сырья, что и обуславливает специфическую структуру затрат на производстве полимеров – 77,6 % составляют материальные затраты (рис. 1).

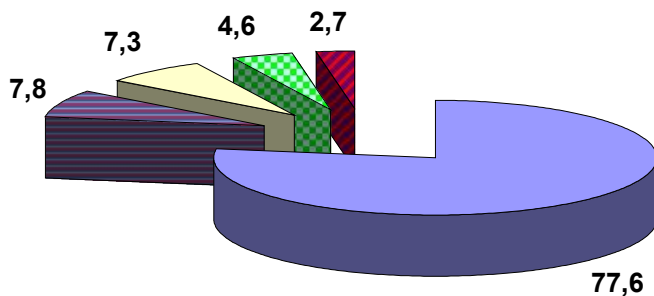


Рис. 1. Распределение затрат при производстве полимеров, %:
77,6 – материальные затраты; 7,8 – оплата труда; 7,3 – иные операционные затраты; 4,6 – амортизация; 2,7 – отчисления на социальные мероприятия

Следует отметить, что из всех выпускаемых полимеров, 41% идет на упаковку, а большая часть из этого количества используется для упаковки пищевых продуктов. Даже в странах Евросоюза среди способов утилизации полимерных отходов преобладает сжигание, несмотря на существующие экологические налоги, правовое и научное сопровождение переработки различных видов полимерных изношенных изделий. Основой ресурсо- и энергосбережения, как показывает мировой опыт, с точки зрения охраны окружающей среды, экономии энергоносителей и углеродного сырья является создание комплексных безотходных предприятий, которые выводят из системы только продукты биосферы.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Создание комплексных предприятий направленных на ресурсо- и энергосбережение позволяет решить, дополнительно как минимум, еще два взаимосвязанных вопроса современной химической технологии в экологическом и экономическом направлении, с учетом социальной эффективности, что, в свою очередь позволит более интенсивно и эффективно развивать эту отрасль промышленности.

Обеспечение качества изделий из вторичных полимеров – это также одна из основных целей предприятий их выпускающих. Для достижения этих целей необходимо разрабатывать систему обеспечения качества, которая базируется на научном и производственном опыте, а также современных методах математического моделирования.

Формулировка целей статьи. Образование комплексных предприятий по утилизации отходов различного происхождения, а также использование фактически полностью отходов и выбросов всех составляющих собственного производственного комплекса и других предприятий, является основной целью проводимых нами работ. Основной целью исследований являлось изучение влияния технологических параметров и концентрации модифицирующих добавок на физико-химические и физико-механические характеристики изделий модифицированных вторичных полимеров методами математического моделирования.

Изложение основного материала исследований. Статистика показывает, что на каждого жителя Украины приходится образование более 40 кг/год полимерных отходов, которые не подвергаются разложению, а их захоронение подразумевает длительное воздействие на окружающую среду. Именно поэтому переработка пластмасс и отходов так важна для сохранения и защиты окружающей среды. В условиях дефицита сырья полимерные отходы становятся мощным энергетическим и сырьевым ресурсом, а использование полимерных отходов позволяет экономить первичное сырье, куда, прежде всего, следует отнести электроэнергию и нефть. В основном полимерные отходы уничтожаются путем сжигания, пиролиза или захоронения в почву, но такие методы являются технически сложными и экономически невыгодными. Оптимальным решением «пластмассовой проблемы» в наше время стала переработка полимерных отходов, которая позволяет избежать повторного загрязнения окружающей среды и в то же время получить ряд полезных продуктов для отраслей производственного комплекса, промышленности и народного хозяйства. По многим причинам переработка пластмасс является не только экологически предпочтительным, но и экономически целесообразным решением многих проблем, связанных с использованием полимерных отходов. На опытно-промышленное предприятие «Комплексные инновационные технологии вторичных ресурсов», созданное виртуально сту-

дентами для инновационного решения предложенных заданий, поступил заказ от одного из крупнейших в Европе коксохимических заводов.

Для разработки инновационного проекта предполагалась организация на коксохимическом заводе подразделения по утилизации отходов разного вида собственного предприятия и разделенных твердых бытовых отходов региона без привлечения дополнительных энергетических ресурсов извне. Для решения задач инновационных технологий была разработана схема возможного решения поставленных задач (рис. 2).



Рис. 2. Функциональная схема инновационной технологии

Дополнительной целью проекта является утилизация вторичных энергетических ресурсов коксохимического завода, т.е. собственных отходящих производственных газов в разрабатываемых инновационных технологиях. При проведении комплексного игрового курсового проектирования необходимо было разработать основные этапы работы выбранных актуальных проблем для решения и определить их смысл в виде задач для студентов различных кафедр, обучающихся на 2–5 курсах:

- выбор инновационных объектов технологии для математического моделирования: анализ литературных источников и оценка возможностей разработки с целью внедрения их на производстве;
- организационная работа преподавателя и студентов: ознакомление с задачами комплексного инновационного игрового проектирования,

системой стимулирования и разработки критериев оценки работы для определения победителей;

- составление календарного плана аудиторного и самостоятельного проектирования;
- оформление студентами технической документации проекта: пояснительной записки, представление необходимых обоснований, расчетов и графической части;
- анализ достоверности полученных результатов путем проведения взаимного рецензирования всех частей комплексного игрового инновационного проекта;
- подготовка и организация защиты-презентации комплексных игровых инновационных проектов;
- проведение публичной защиты комплексных игровых инновационных проектов с приглашением специалистов, подведение итогов игровых курсовых проектов, рекомендации относительно его победителей и представление общих выводов по разработанному проекту.

Разработка инновационного проекта была поручена нескольким подразделениям созданного студентами предприятия:

1. Технологическое – выбор инновационных технологий с учетом специфического направления завода и вида имеющихся вторичных энергетических ресурсов, а также выбор и разработка метода оптимизации процессов производства.

2. Информационно-аналитического обеспечения – обработка полученных результатов эксперимента и их графическая интерпретация.

3. Организационно-экономическое – анализ рынка сырья и продукции с целью привлечения инвестирования в реализацию проекта, выбора типа производства и создание предпосылок для образования конкурентоспособного предприятия.

4. Экологически-правовое – обеспечение безопасности инновационного объекта в соответствии с нормативно-правовой базой Украины, разработка предложений по внесению изменений в существующие нормативы с учетом полного отсутствия подобных разработок.

Технологические объекты отличаются, прежде всего, процессами, которые в них протекают. Процессы, протекающие в объектах химической технологии, характеризуются переменными, между которыми су-

ществуют определенные причинно-следственные связи. Для образованных подразделений предприятия были выделены некоторые задачи, учитывающие вид поступающих отходов на утилизацию, прошедшие изменения в них с точки зрения дальнейшего использования в качестве сырья, разработки ассортимента выпускаемой продукции и прогнозирования потребности такого вида продукции.

Таблица 1.

Виды предстоящих разработок и исследований для подразделений

№ подразделения	Виды разработки		
	1	2	3
1	Отходы полностью изношены, с полигона или др.	Тара и упаковка после употребления как отходы	Учет изменения свойств полимерных материалов
2	Основные положения бизнес-плана	Обеспечение конкурентоспособности	Маркетинговые обоснования
3	Нормативно-правовая база инновационного объекта	Нормативно-экологическая база инновационного объекта	Разработка мероприятий для данного объекта
4	Графический анализ полученных результатов	Информационное обеспечение проекта	Разработка программного обеспечения

Переработка полимерных отходов как объект химической технологии с точки зрения математического моделирования, например, для технологической схемы утилизации полиэтиленовой тары и упаковки, согласно которой будет осуществляться планируемый эксперимент, характеризуется обязательным условием – все входные переменные должны быть управляемыми. Переменные, играющие роль причин, называются входными, а переменные, отражающие последствия причин – выходными. Входные переменные контролируются, ими также можно управлять. Для разработки научно-обоснованной технологии получения вторичного полиэтилена и изделий из него изучались изменения в составе и строении полиэтилена, которые происходят в процессе переработки и применения, особенно в результате длительной эксплуатации пленки. Прове-

денные исследования качественного и количественного состава кислородсодержащих и ненасыщенных групп, а также молекулярной подвижности вторичного полиэтилена, полученного из пленки различной продолжительности эксплуатации [3], показывают, что основными направлениями модификации в целях повышения технологических и прочностных свойств этого материала должны быть методы, учитывающие степень его окисления:

1. пространственная сшивка перерабатываемого материала в процессе формования изделия;
2. введение стабилизаторов, смазок и других добавок в небольших количествах;
3. создание композиций для вспенивания и получение пенополимеров;
4. создание композиций для переработки путем совмещения с другими термопластами и эластомерами;
5. введение в перерабатываемый материал добавок, разрушающих гелефракцию;
6. создание наполненных полимерных композиций и т.д.

Работа, проводимая нами, проводилась в двух направлениях с целью определения оптимальных концентраций добавок для получения вторичного полиэтилена (ВПЭ) с улучшенными технологическими и физико-механическими показателями. При этом необходимо учитывать свойства перерабатываемых полимерных отходов, например, полиэтилена:

1. Повышенная химическая активность полиэтилена, эксплуатировавшегося более трех месяцев и содержащего значительное количество кислородсодержащих и ненасыщенных групп, может быть положительным качеством для осуществления химических методов модификации – перекисная сшивка и химическое вспенивание.
2. Для полиэтиленовой тары и упаковки, сохранившей относительное удлинение при разрыве в пределах 200 % и более, мы рекомендуем улучшение реологических свойств расплава материала путем введения специальных добавок «смазок».

Для решения полученного задания нами выбран метод полного факторного эксперимента первого порядка [3]. В результате обработки опытных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс.

Проведенные эксперименты и выведенное уравнение регрессии для процессов модификации вторичного полиэтилена перекисью дикумила при литье под давлением указывают на большую чувствительность ВПЭ для данных концентраций перекиси, к количеству перекиси, и в меньшей степени к длительности цикла литья и температуре. При визуализации полученных результатов был использован программный пакет MATLAB 2009, в котором для графического отображения результатов эксперимента используется встроенная в пакет MATLAB функция `surf`. Данная функция позволяет построить поверхность в трёхмерном пространстве. Входными данными для функции являются: вектора X и Y , являющиеся векторами матрицы значений иксовой и игриковой координат поверхности, соответственно; и матрицы Z , в которой хранится третья составляющая поверхности – высота. Как видим – зависимость мы можем построить только для двух величин, но в нашем уравнении три. Поэтому, было принято решение построить шесть графиков. Три зависимости – x_1 от x_2 , x_1 от x_3 , x_2 от x_3 , и по две вариации третьей величины – минимальное и максимальное значения. Учитывая всё сказанное, был разработан и реализован алгоритм.

Таким образом, все входные данные для построения поверхности готовы. Для наглядного обозначения высоты MATLAB использует цветовую карту. Для плавного перехода используются цветовые градиенты. По линиям этих градиентов можно характеризовать криволинейность поверхности.

Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления. Анализ ситуации, к сожалению, пока в виртуальной отрасли утилизации различного вида отходов (ее еще необходимо создать) показывает потенциальную возможность повышения эффективности их использования с точки зрения ресурсо- и энерго-сбережения путем создания производственных комплексов. Такие комплексы могут быть созданы:

- 1) на базе предприятий крупнотоннажных производителей энергоносителей, например, коксохимзаводы и шахты – утилизация коксового газа или шахтного метана;
- 2) предприятий по выделению из ТБО отдельных видов потенциальных энергоносителей и др.

Эти энергоутилизационные производственные комплексы позволяют не только использовать различные выбросы предприятий или получать энергию из не подлежащих переработке отходов, но создать и перерабатывающие предприятия для различных видов отходов подлежащих переработке.

Таким образом, наиболее перспективным с точки зрения ресурсосбережения является направление получения вторичных полимеров на комплексных предприятиях с привлечением методов математического моделирования для оптимизации процессов. Это позволит расширить сырьевую базу для производства изделий и повысить эффективность использования сырья на основе изучения свойств отходов различного происхождения, их состава, возможности организованного сбора и направленной модификации.

Список литературы: 1. Бухкало С.И. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2005. – № 2. – С. 29. 2. Бухкало С.И., Ольховская О.И., Борхович А.А. Оценка качества вторичных полимеров с помощью математической модели // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2008. – № 2. – С. 51. 3. Бухкало С.И. Изменение свойств в процессе эксплуатации пленки и направленной модификация вторичного полиэтилена: дис. канд. техн. наук : 25.01.88 / Бухкало Светлана Ивановна. – М., 1988. – 150 с.

Поступила в редколлегию 05.02.11